

}essentials{

Thomas Bornath · Günter Walter

Messunsicherheiten – Grundlagen

Für das Physikalische Praktikum



Springer Spektrum

essentials

essentials liefern aktuelles Wissen in konzentrierter Form. Die Essenz dessen, worauf es als „State-of-the-Art“ in der gegenwärtigen Fachdiskussion oder in der Praxis ankommt. *essentials* informieren schnell, unkompliziert und verständlich

- als Einführung in ein aktuelles Thema aus Ihrem Fachgebiet
- als Einstieg in ein für Sie noch unbekanntes Themenfeld
- als Einblick, um zum Thema mitreden zu können

Die Bücher in elektronischer und gedruckter Form bringen das Expertenwissen von Springer-Fachautoren kompakt zur Darstellung. Sie sind besonders für die Nutzung als eBook auf Tablet-PCs, eBook-Readern und Smartphones geeignet. *essentials*: Wissensbausteine aus den Wirtschafts-, Sozial- und Geisteswissenschaften, aus Technik und Naturwissenschaften sowie aus Medizin, Psychologie und Gesundheitsberufen. Von renommierten Autoren aller Springer-Verlagsmarken.

Weitere Bände in der Reihe <http://www.springer.com/series/13088>

Thomas Bornath · Günter Walter

Messunsicherheiten – Grundlagen

Für das Physikalische Praktikum

 Springer Spektrum

Thomas Bornath
Institut für Physik
Universität Rostock
Rostock, Deutschland

Günter Walter
Rostock, Deutschland

ISSN 2197-6708

ISSN 2197-6716 (electronic)

essentials

ISBN 978-3-658-29384-0

ISBN 978-3-658-29385-7 (eBook)

<https://doi.org/10.1007/978-3-658-29385-7>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2020

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Lisa Edelhaeuser

Springer Spektrum ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Was Sie in diesem *essential* finden können

- Den Umgang mit Messdaten und ihren Unsicherheiten, in knapper und anschaulicher Weise dargestellt
- Einen Überblick über das Wesen von Messabweichungen, die Messunsicherheit und den Zusammenhang mit Wahrscheinlichkeitsverteilungen
- Die Bestimmung der kombinierten und der erweiterten Messunsicherheit
- Einen Einblick in die statistische Auswertung von Messreihen und die Ausgleichsrechnung (Methode Typ A)
- Grundlagen für die Bestimmung von Unsicherheiten nach Typ B (nicht-statistische Methode)

Vorwort

Wenn eine Theorie nicht mit dem Experiment übereinstimmt, ist die Theorie falsch (Richard P. Feynman). Zunächst wird niemand dieses Urteil bezweifeln, nach genaueren Überlegungen ergibt sich aber leicht die Frage, was bedeutet Übereinstimmung? Im physikalischen Experiment gibt es zahlreiche Wechselwirkungen zwischen dem Messobjekt, der Messeinrichtung, dem Beobachter, und auch die Umgebung beeinflusst den Ausgang des Experimentes. Als Folge weist ein Messergebnis stets Messabweichungen auf, unabhängig davon, wie sorgfältig und wissenschaftlich das Experiment geplant und durchgeführt wurde. Die Frage nach der Übereinstimmung kann also erst beantwortet werden, wenn wir dem Messergebnis eine quantitative Angabe über die Genauigkeit der Messung hinzufügen. Ohne die Angabe der Messunsicherheit ist das Ergebnis wissenschaftlich, aber insbesondere auch für technische Anwendungen wertlos.

Im „Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen“ (engl.: Guide to the expression of uncertainty in measurement.) sind die Terminologie und die Methoden für die Behandlung von Messunsicherheiten international standardisiert. Das vorliegende Kompendium möchte Studierende mit der Analyse und Erfassung von Messunsicherheiten im Physikalischen Praktikum vertraut machen. Anhand von Erklärungen, kurzen wesentlichen Herleitungen, vielen Abbildungen und Beispielen wollen wir Kenntnisse über das Wesen von Messabweichungen, über den Zusammenhang von Messunsicherheit und Wahrscheinlichkeitsverteilung, die Methoden zur Bestimmung der Messunsicherheit und über die Ausgleichsrechnung vermitteln.

Thomas Bornath
Günter Walter

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Arten von Messabweichungen	3
2.1	Zufällige Messabweichungen	3
2.2	Systematische Messabweichungen	5
2.2.1	Erfassbare systematische Effekte – Korrektion	6
2.2.2	Nicht erfassbare systematische Abweichungen	7
2.3	Grobe Fehler	7
3	Messunsicherheit und Wahrscheinlichkeitsverteilung	9
3.1	Messung einer direkt messbaren Größe in einer Messreihe	11
3.2	Messung einer direkt messbaren Größe in einer einzelnen Messung	12
3.3	Nicht direkt messbare Größe	13
3.4	Korrelierte Eingangs- und Einflussgrößen	15
3.5	Überdeckungsintervall und erweiterte Messunsicherheit	16
4	Auswertemethode Typ A: Statistische Analyse von Messreihen	21
4.1	Einzelne Messgröße	21
4.1.1	Wahrscheinlichkeitsverteilung, Mittelwert und Standardabweichung	21
4.1.2	Wahrscheinlichkeitsverteilung der Mittelwerte	23
4.1.3	Überdeckungsintervall bei kleinen Stichproben – Student- <i>t</i> -Verteilung	24
4.2	Nicht direkt messbare Größe: Bestwert, Varianz und Korrelationskoeffizient	26